

10 / 520982

PCT/JP 03/08691

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

11 JAN 2005

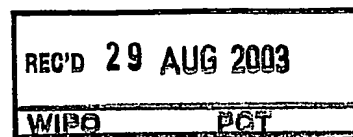
09.07.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2002年 7月12日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2002-204028  
[ST. 10/C]: [JP2002-204028]



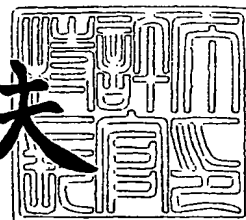
出 願 人  
Applicant(s): セイコーインスツルメンツ株式会社

PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 8月14日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



Best Available Copy

【書類名】 特許願  
【整理番号】 02000595  
【提出日】 平成14年 7月12日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 H01L 21/768

## 【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス  
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 児玉 俊男

## 【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス  
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 荷田 昌克

## 【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス  
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 藤井 利昭

## 【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス  
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 岩崎 浩二

## 【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス  
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 杉山 安彦

## 【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬 1 丁目 8 番地 セイコーインス  
ツルメンツ株式会社内

【氏名】 高木 康行

## 【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーインスツルメンツ株式会社

【代表者】 入江 昭夫

## 【代理人】

【識別番号】 100096378

【弁理士】

【氏名又は名称】 坂上 正明

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0103799

【プルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 イオンビーム装置およびイオンビーム加工方法、ホルダ部材

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 試料を保持するホルダ部材と、

前記ホルダ部材に保持された試料の、集束イオンビームが照射されて形成された加工面に、気体イオンビームを照射して前記加工面上の破碎層を除去するための除去用ビーム源とを備え、

前記気体イオンビームは、前記加工面に垂直な方向に対して前記試料の保持端側から、照射方向を前記垂直な方向に対して傾斜させて照射されるイオンビーム装置。

【請求項 2】 前記ホルダ部材に保持された試料に集束イオンビームを照射して前記加工面を形成するための加工用ビーム源を備える請求項 1 に記載のイオンビーム装置。

【請求項 3】 前記気体イオンビームは、不活性ガスイオンビームである請求項 1 または 2 に記載のイオンビーム装置。

【請求項 4】 前記ホルダ部材は、水平方向に平行な第 1 の軸回りに回転可能に支持された基体部と、前記基体部の先端側に前記第 1 の軸に直交する第 2 の軸回りに回転可能に設けられて試料を保持する保持部とを有する請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載のイオンビーム装置。

【請求項 5】 前記ホルダ部材は、前記保持部を前記第 2 の軸回りに回転させるための駆動手段を有する請求項 4 に記載のイオンビーム装置。

【請求項 6】 前記試料の加工面に電子ビームを照射して該加工面を観察するための観察用ビーム源を備える請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載のイオンビーム装置。

【請求項 7】 前記加工用ビーム源は、前記試料に対して集束イオンビームを鉛直上方から照射する請求項 2 ないし 6 のいずれか 1 項に記載のイオンビーム装置。

【請求項 8】 試料に集束イオンビームを照射して加工面を形成する第 1 の工程と、

試料の前記加工面に気体イオンビームを照射して前記加工面上の破碎層を除去する第2の工程とを有し、

前記第2の工程では、試料の加工面に垂直な方向に対して該試料の保持端側から、気体イオンビームの照射方向を前記垂直な方向に対して傾斜させて照射するイオンビーム加工方法。

【請求項9】 前記気体イオンビームは、不活性ガスイオンビームである請求項8に記載のイオンビーム加工方法。

【請求項10】 前記第2の工程では、試料に対する前記気体イオンビームの照射方向を変化させて加工する請求項8または9に記載のイオンビーム加工方法。

【請求項11】 前記第1の工程では、試料に対する前記集束イオンビームの照射方向を変化させて加工する請求項10に記載のイオンビーム加工方法。

【請求項12】 前記第1の工程または前記第2の工程では、試料を保持するホルダを介して、該試料を前記集束イオンビームまたは前記気体イオンビームの照射方向に対して移動させる請求項10または11に記載のイオンビーム加工方法。

【請求項13】 水平方向に平行な第1の軸回りに回動可能に支持される基体部と、

前記基体部の先端側に前記第1の軸に直交する第2の軸回りに回動可能に設けられて、集束イオンビームが照射されて加工面が形成される試料を保持する保持部とを有するホルダ部材。

【請求項14】 前記保持部を前記第2の軸回りに回動させるための駆動手段を有する請求項13に記載のホルダ部材。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば半導体等の微細構造を観察するための試料に、観察用の断面を加工するためのイオンビーム装置およびイオンビーム加工方法、ホルダ部材に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来、例えば、半導体メモリ等のウェハの製造過程等で発生した欠陥をTEM (Transmission Electron Microscope) 等によって観察するためのTEM用試料を作製する用途として、イオンビーム装置が広く普及している。この種のイオンビーム装置では、集束イオンビーム (FIB: Focused Ion Beam) によるイオンビーム加工によって、TEM用試料の特定箇所に観察するための微細な断面を加工することを可能にし、比較的短時間にTEM用試料を作製することが可能にされている。

## 【0003】

しかしながら、従来のイオンビーム装置を用いて試料に微細な断面を形成するイオンビーム加工を行った場合には、集束イオンビームのイオン源に用いられているガリウムが試料の断面に注入されて変質されることでアモルファス状になるとともに、ガリウムによって断面が損傷されたダメージ層いわゆる破碎層が形成されてしまう。このような破碎層が観察用の断面上に形成された試料は、破碎層が、比較的高倍率のTEM観察に悪影響を及ぼすため、正常な結晶格子像が得られない等の不都合があり、断面の原子レベルまで高精度に観察する際に問題があった。したがって、試料の断面上に形成された30nm程度の破碎層を10nm程度まで薄くするように破碎層を除去することが必要であった。

## 【0004】

そこで、集束イオンビームの加速エネルギーを小さくして破碎層の厚さを減少させることや、集束イオンビームによる加工後に断面に比較的低エネルギーのイオンビームを照射して断面上に形成された破碎層を除去することが考えられている。また、破碎層を除去するためのイオンビームを断面に照射することによっても断面に新たに破碎層が形成されてしまうが、例えばアルゴンイオンビームを用いた場合に形成される破碎層は数nm程度であるため、断面を観察する上で支障をきたさない。

## 【0005】

このため、従来のイオンビーム装置としては、集束イオンビームが照射されて

加工された試料の断面にアルゴンイオンビームを照射して断面上の破碎層を除去するための除去用ビーム部を備える装置が提案されている。

#### 【0006】

このような従来のイオンビーム装置は、試料を保持するためのホルダ部と、試料に断面を加工するための加工用ビーム部と、試料に加工された断面上の破碎層を除去するための除去用ビーム部と、試料の断面を観察するための観察用ビーム部とを備えている。ホルダ部は、試料を先端側に保持するホルダ部材を有している。加工用ビーム部は、ホルダ部材に保持された試料の天面側に対向する鉛直上方に配置されている。除去用ビーム部および観察用ビーム部は、試料の断面を挟んで対向する位置に配置されている。

#### 【0007】

以上のように構成された従来のイオンビーム装置は、加工用ビーム部が、ホルダ部材に保持された試料にガリウムイオン源からの集束イオンビームを照射することによって断面を加工し、除去用ビーム部が、試料の断面にアルゴンイオンビームを照射することによって断面から破碎層を除去する（イオンミリング）。そして、観察用ビーム部は、破碎層が除去された試料の断面に電子ビームを照射することにより、試料の断面の観察像が得られる。

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、上述した従来のイオンビーム装置は、図12に示すように、試料103の断面104にアルゴンイオンビームを照射する際に、アルゴンイオンビームが試料103の断面104以外の領域まで広範囲に照射されしまう。このため、試料103の断面104の基端側に隣接する段差部等に照射されたアルゴンイオンビームの一部は、段差部の天面等に照射されることによって破碎層の二次粒子を飛散させて、除去された破碎層の二次粒子を断面104に再付着させて汚損してしまう問題があった。

#### 【0009】

そこで、本発明は、試料の加工面から破碎層を良好に除去することができるイオンビーム装置およびイオンビーム加工方法、ホルダ部材を提供することを目的

とする。

#### 【0010】

##### 【課題を解決するための手段】

上述した目的を達成するため、本発明に係るイオンビーム装置は、試料を保持するホルダ部材と、このホルダ部材に保持された試料の、集束イオンビームが照射されて形成された加工面に気体イオンビームを照射して加工面上の破碎層を除去するための除去用ビーム源とを備える。そして、気体イオンビームは、加工面に垂直な方向に対して試料の保持端側から、照射方向を、前記垂直な方向に対して傾斜させて照射される。

#### 【0011】

以上のように構成した本発明に係るイオンビーム装置によれば、試料に気体イオンビームを照射して破碎層を除去する際、加工面に隣接して形成される段差部に気体イオンビームが照射されることによって飛散された二次粒子が加工面に到達しない方向に進むため、気体イオンビームによって除去された破碎層が加工面に再度付着することが軽減される。

#### 【0012】

また、本発明に係るイオンビーム装置が備えるホルダ部材は、水平方向に平行な第1の軸回りに回動可能に支持された基体部と、この基体部の先端側に第1の軸に直交する第2の軸回りに回動可能に設けられて試料を保持する保持部とを有することが好ましい。ホルダ部材は、第1の軸回りに回動可能に設けられることによって、ホルダ部材に対する除去用ビーム源の配置や気体イオンビームの照射方向の自由度が確保される。また、ホルダ部材は、第2の軸回りに回動可能に設けられた保持部を有することによって、保持部に保持された試料に対する集束イオンビームおよび気体イオンビームの照射方向を変化させることが可能になる。

#### 【0013】

また、本発明に係るイオンビーム加工方法は、試料に集束イオンビームを照射して加工面を形成する第1の工程と、試料の加工面に気体イオンビームを照射して加工面上の破碎層を除去する第2の工程とを有する。そして、第2の工程では、試料の加工面に垂直な方向に対して試料の保持端側から、気体イオンビームの

照射方向を前記垂直な方向に対して傾斜させて照射する。

【0014】

以上のように構成した本発明に係るイオンビーム加工方法は、第2の工程で、試料の加工面に垂直な方向に対して試料の保持端側から、気体イオンビームの照射方向を前記垂直な方向に対して傾斜させて照射することで、気体イオンビームが加工面に隣接して形成される段差部に照射されることによって飛散された破碎層の二次粒子が加工面に到達しない方向に進むため、気体イオンビームによって除去された破碎層の二次粒子が加工面に再度付着することが軽減される。

【0015】

また、本発明に係るホルダ部材は、水平方向に平行な第1の軸回りに回転可能に支持される基体部と、この基体部の先端側に第1の軸に直交する第2の軸回りに回転可能に設けられ集束イオンビームが照射されて加工面が形成される試料を保持する保持部とを有する。

【0016】

以上のように構成した本発明に係るホルダ部材によれば、試料にイオンビームを照射して加工面を形成する際に、イオンビームの照射方向に対して保持部を第2の軸回りに回転させることにより、試料の加工面に対するイオンビームの照射方向を変化させることが可能になる。したがって、保持部に保持された試料は、加工面に対するイオンビームの照射方向を変化させて、イオンビームによる加工を複数回繰り返すことによって、試料の天面上に微小な凹凸や異なる材質の境界が存在する場合に加工面に生じるスジが次第に小さくされ、スジが取り除かれる。なお、試料は、加工面に対するイオンビームの照射方向を変化させながらイオンビームによる加工が行われても上述したスジが取り除かれる。

【0017】

なお、上述した気体には、試料の特性に顕著な影響を及ぼさないような例えば酸素、アルゴン、ヘリウム、ネオン、キセノン、クリプトン、ラドン等が挙げられる。

【0018】

また、本発明における破碎層とは、例えば、試料の加工面にガリウムの集束イ

オンビームを照射した場合に、加工面にガリウムが注入されて変質されることでアモルファス状になるとともにガリウムによって損傷された層を指している。

#### 【0019】

また、上述した試料の保持端側とは、ホルダ部材に保持された試料の、ホルダ部材上に当接された端部側を指し、例えば試料の細片がダイス等の支持体を介してホルダ部材に保持される場合には、支持体が当接されるホルダ部材の保持面に対向する試料の端部側を指している。

#### 【0020】

##### 【発明の実施の形態】

以下、本発明の具体的な実施形態を図面を参照して説明する。

#### 【0021】

図1および図2に示すように、本実施形態のイオンビーム装置1は、いわゆるサイドエントリー型のイオンビーム装置であり、内部で試料3を加工するための真空容器10と、試料3を保持するためのホルダ部11と、試料3にガリウムイオン源からの集束イオンビームを照射して観察用の断面を加工するための加工用ビーム部12と、試料3に加工された断面に不活性イオンビームを照射して断面上の破碎層を除去するための除去用ビーム部13と、試料3の断面に電子ビームを照射して断面を観察するための観察用ビーム部14とを備えている。

#### 【0022】

まず、イオンビーム装置1によって加工される試料3は、ウェハから所定の平板状に切り出された後、幅方向の両側が切り落とされることにより、図2(a)に示すようなブロック状に予め加工されている。そして、このブロック状の試料3は、幅 $W_1$ が0.1～0.5mm程度に形成されており、本実施形態のイオンビーム装置1によって、図3(b)に示すように、幅方向の両側に、観察用の断面4がそれぞれ加工されて、例えば先端側の幅 $W_2$ が数十 $\mu$ m程度に形成される。

#### 【0023】

なお、試料3には、断面4で反射された二次電子を検出する反射方式を用いる場合には、幅方向の片側のみに加工面が形成される。また、本実施形態のイオン

ビーム装置 1 によって断面 4 が観察される試料 3 としては、上述したようなダイシング法によってブロック状に切り出された後に断面が形成された試料の以外に、いわゆるピックアップ法あるいはリフトアウト法によって、断面が加工された細片が切り出されてダイス上に接合された試料が適用されてもよい。

#### 【0024】

真空容器 10 は、内部に試料 3 の加工および観察を行うための真空室 15 を有しており、支持台 16 上に固定されて設けられている。真空室 15 は、排気管 17 を介して排気装置（不図示）に連通されている。

#### 【0025】

ホルダ部 11 は、真空容器 10 の側面部に配置されており、試料 3 を図 1 中矢印  $a_1$ 、 $a_2$  方向、および  $b_1$ 、 $b_2$  方向にそれぞれ回転可能に保持するロッド状のホルダ部材 21 を有している。

#### 【0026】

ホルダ部材 21 は、図 4 および図 5 に示すように、長手方向が水平方向と平行に設けられた基体部 22 と、基体部 22 の基端側を  $a_1$ 、 $a_2$  方向に回転可能に支持するホルダ支持機構 23 と、基体部 22 の先端側に  $b_1$ 、 $b_2$  方向に回転可能に設けられて試料を保持する保持部 24 と、この保持部 24 を基体部 22 に対して回転させるための摺動板 25 とを有している。

#### 【0027】

基体部 22 は、ホルダ支持機構 23 によって例えば  $a_1$  方向に 145 度程度、 $a_2$  方向に 35 度程度回転可能に支持されている。

#### 【0028】

保持部 24 は、略半円をなす平板状に形成されており、試料 3 が載置されて固定される載置凹部 27 を有している。この保持部 24 は、回転軸 28 を介して基体部 22 上に  $b_1$ 、 $b_2$  方向に回転可能に支持されており、例えば  $\pm 30$  度程度回転可能にされている。また、載置凹部 27 には、載置された試料 3 の保持端側が例えばデポジション膜やはんだ材によって接合され固定されている。

#### 【0029】

摺動板 25 は、基体部 22 の長手方向に沿って図 4 中矢印  $c_1$ 、 $c_2$  方向に摺

動可能に設けられている。摺動板25は、先端側が保持部24の円弧状の外周部に摺接されており、基端側が真空容器10の外方に引き出されている。そして、摺動板25は、例えば手動で $c_1$ 、 $c_2$ 方向に操作されることによって、摺動量に応じて保持部24を $b_1$ 、 $b_2$ 方向に回転させる。

#### 【0030】

また、例えば図6に示すように、保持部24は、プーリ31とこのプーリ31に掛け渡されたベルト32とを有する駆動機構によって回転されるように構成されてもよい。また、図示しないが、この駆動機構は、ベルトの代わりにワイヤやギヤ等を用いて構成されてもよい。さらに、ホルダ部材21には、保持部24に、載置凹部27に載置された試料3を挟持する、いわゆるクランプ機構が設けられる構成にされてもよい。

#### 【0031】

加工用ビーム部12は、例えば集束イオンビーム照射装置であって、その鏡筒は、真空容器10の鉛直上方に配置されており、加工用ビーム源（不図示）であるガリウム液体金属イオン源と、このガリウム液体金属イオン源からのイオンビームを集束し走査照射するイオン光学系を有している。この加工用ビーム部は、試料3に対する集束イオンビームの照射軸（鏡筒の中心軸）が鉛直方向となるように配置されている。

#### 【0032】

除去用ビーム部13は、例えば気体イオンビーム照射装置であって、試料3の断面4に臨む位置に配置されており、例えばアルゴンガス、ヘリウムガス等の不活性ガスの不活性イオンビームを照射する除去用ビーム源（気体イオン銃）（不図示）を有している。除去用ビーム部13は、試料3の断面4に向かうその照射軸（鏡筒の中心軸）が、水平方向に対して斜め上方に35度程度傾斜するように配置されている。なお、除去用ビーム源は、必要に応じて酸素を用いた酸素イオンビームを照射するように構成されてもよく、このときの化学種が、酸素イオンの他に酸素ラジカルであってもよい。

#### 【0033】

観察用ビーム部14は、例えば電子ビーム照射装置であって、試料3の断面4

に臨む位置に配置されており、電子ビームを照射する電子銃（不図示）と、この電子銃から照射されて試料 3 の断面 4 を透過した透過電子を検出する TEM 用の検出器 33 とを有している。観察用ビーム部 14 は、その照射軸（鏡筒の中心軸）が水平方向に対して斜め上方に 35 度程度傾斜するように配置されている。検出器 33 は、図 1 および図 7（c）に示すように、試料 3 の断面 4 を挟んで電子銃に対向する位置に設けられている。なお、上述した観察用ビーム部 14 は、透過方式が採られたが、例えば検出器が試料 3 の天面側に臨む位置に配置されて、断面 4 で反射された二次電子を検出する反射方式が適用された構成にされてもよい。

#### 【0034】

以上のように構成されたイオンビーム装置 1 を用いて、試料 3 に観察用の断面 4 を加工するとともに、この断面 4 を観察する方法を図面を参照して説明する。

#### 【0035】

まず、イオンビーム装置 1 は、図 7（a）に示すように、試料 3 に断面 4 を加工する際、ホルダ部材 21 の保持部 24 に試料が保持された初期位置で、試料 3 の天面に対して集束イオンビームの照射方向が略直交されている。この初期位置で、加工用ビーム源は、試料 3 に集束イオンビームを照射することによって断面 4 を形成する。

#### 【0036】

ここで、従来から、試料に集束イオンビームを照射して断面を加工する際に発生している問題について簡単に説明する。

#### 【0037】

図 8（a）に模式的に示すように、加工用ビーム源側に臨む試料 108 の天面（表面）109 上に凹部 111 が存在する場合には、試料 108 の天面 109 の形状によって加工速度にバラツキが生じるため、図 8（b）に示すように凹部 111 の境界に集束イオンビームの照射方向に沿って凹凸状のスジ 112 が断面 110 上に発生してしまう問題がある。また、このようなスジ 112 は、試料 108 の天面 109 上に材質が異なる境界がある場合にも発生している。また同様に、断面 110 から破碎層を除去する際に、試料 108 の断面 110 にアルゴンイ

オンビームを照射した場合にも、スジが発生してしまうという問題があった。

#### 【0038】

そして、このようなスジ 112 が試料 108 の断面 110 上に発生することにより、観察用ビーム部によって観察を行う際に、断面 110 の良好な観察像を得る上で支障になっていた。

#### 【0039】

このような問題の対策として、本実施形態では、集束イオンビームによって試料 3 に断面 4 を加工する際、図 9 に示すように、保持部 24 を  $b_1$ ,  $b_2$  方向に回動させることにより、集束イオンビームの照射方向に対して断面 4 を所望の角度だけ傾斜させた回動位置で、それぞれ集束イオンビームによる加工を少なくとも 2 回以上繰り返す。これにより、試料 3 の断面 4 には、試料 3 の天面上に存在する微小な凹凸や異なる材質の境界によって生じるスジが、加工を繰り返す度に取り除かれて次第に小さくなり、スジが目立たない平滑な断面 4 が形成される。

#### 【0040】

つぎに、イオンビーム装置 1 は、図 7 (b) に示すように、ホルダ部材 21 を初期位置から例えば  $a_1$  方向に 145 度程度回転させることによって、保持部 24 に保持された試料 3 の断面 4 に対して照射される、除去用ビーム部 13 による不活性イオンビームの照射方向が調整される。

#### 【0041】

すなわち、ホルダ部材 21 に保持された試料 3 は、図 10 に示すように、断面 4 に不活性イオンビームが照射されたとき、断面 4 に対して垂直な垂線  $L$  に対して、試料 3 の保持端側に除去用ビーム源が位置されており、断面 4 に照射される不活性イオンビームの照射方向が、垂線  $L$  に対して傾斜角  $\theta$  をもって傾斜されている。傾斜角  $\theta$  は、 $90^\circ > \theta > 0^\circ$  の範囲であり、試料 3 の形状や保持部 24 の大きさ等によるが、できるだけ  $\theta$  は大きな角度の方がよく、本実施形態で例えば 70 ~ 80 度程度に設定されている。

#### 【0042】

そして、試料 3 は、断面 4 に対する不活性イオンビームの照射方向が、垂線  $L$  に対して傾斜角  $\theta$  だけ傾斜されることによって、断面 4 に隣接する段差部の側面

に照射された不活性イオンビームによって飛散された破碎層の二次粒子が断面4に到達しない方向に進むため、断面4の破碎層から除去された二次粒子が断面4上に再度付着して、断面4が汚損されることが軽減される。

#### 【0043】

また同様に、不活性イオンビームによって試料3の断面4から破碎層を除去する際にも、図9に示したように、保持部24を $b_1$ 、 $b_2$ 方向に回動させることにより、不活性イオンビームの照射方向に対して断面4を所望の角度だけ傾斜させた回動位置で、それぞれ不活性イオンビームによる加工を少なくとも2回以上繰り返す。これにより、試料3の断面4には、試料3の天面上に存在する微小な凹凸や異なる材質の境界によって生じるスジが、加工を繰り返す度に取り除かれて次第に小さくなり、スジが目立たない平滑な断面4が形成される。

#### 【0044】

さらに、試料3は、上述した一方の断面4に不活性イオンビームが照射された回動位置から $a_2$ 方向に40度程度させた回動位置で、他方の断面4に対して不活性イオンビームが照射されて破碎層が除去される。

#### 【0045】

なお、上述した集束イオンビームによる断面4の加工時および不活性イオンビームによる破碎層の除去時には、試料3の断面4上に生じる上述したスジを取り除くために、保持部24を $b_1$ 、 $b_2$ 方向に回動させながら試料3に集束イオンビームまたは不活性イオンビームを照射することによって、試料3に対する集束イオンビームまたは不活性イオンビームの照射方向を変化させながら加工を行ってもよい。

#### 【0046】

また、本実施形態では、集束イオンビームによる断面4の加工時および不活性イオンビームによる破碎層の除去時にそれぞれスジを取り除くために保持部24を回動させたが、不活性イオンビームによる破碎層の除去時に一括してスジを取り除いてもよい。なお、不活性イオンビームによってスジを一括して除去する場合には、断面4に対する不活性イオンビームの照射方向を、試料3に対する集束イオンビームの照射方向と異ならせる必要がある。

## 【0047】

最後に、イオンビーム装置 1 は、図 7 (c) に示すように、ホルダ部材 21 を、不活性イオンビームを照射した回動位置から例えば  $a_2$  方向に 180 度回動させて、すなわち初期位置に対して  $a_2$  方向に 35 度回動させることによって、保持部 24 に保持された試料 3 の断面 4 に対して照射される、観察用ビーム部 14 による電子ビームの照射方向が調整される。この回動位置で、観察用ビーム部 14 は、試料 3 の断面 4 に電子ビームを照射して、断面 4 を透過した透過電子を検出器 33 が検出することによって、断面 4 の良好な観察像が得られる。

## 【0048】

上述したように、イオンビーム装置 1 は、ホルダ部材 21 を  $a_1$ ,  $a_2$  方向に回動させて、試料 3 の断面 4 に対する不活性イオンビームの照射方向が、断面 4 の垂線 L に対して傾斜角  $\theta$  だけ傾斜させて破碎層を除去することによって、除去された破碎層の二次粒子が断面上に再付着することを軽減できる。このため、このイオンビーム装置 1 によれば、破碎層が良好に除去された平滑な断面 4 を得ることが可能になり、観察用ビーム部 14 によって断面 4 を良好に観察することができる。

## 【0049】

また、イオンビーム装置 1 が備えるホルダ部 11 は、 $b_1$ ,  $b_2$  方向に回動可能に設けられた保持部 24 を有するホルダ部材 21 を有することによって、集束イオンビームによって加工される試料 3 の断面 4 に生じるスジを小さくすることが可能になり、断面 4 の平滑性を向上することができる。

## 【0050】

最後に、上述したイオンビーム装置 1 は、除去用ビーム部 13 が、ホルダ部材 21 上の試料 3 に対して斜め上方に配置されたが、除去用ビーム部 13 が他の位置に配置された他のイオンビーム装置について簡単に説明する。なお、他のイオンビーム装置は、上述したイオンビーム装置 1 と比して除去用ビーム部 13 および観察用ビーム部 14 の位置のみが異なるため、同一部材には同一符号を付して説明を省略する。

## 【0051】

図 11 に示すように、他のイオンビーム装置 2 は、除去用ビーム部 13 が、ホルダ部材 21 上の試料 3 に対して斜め下方から不活性イオンビームを照射するように配置されるとともに、観察用ビーム部 14 が、ホルダ部材 21 上の試料 3 に対して水平方向から電子ビームを照射するように配置されている。

#### 【0052】

このように構成されたイオンビーム装置 2 によれば、ホルダ部材 21 を  $a_1$ ,  $a_2$  方向に回転させる必要がなくなり、ホルダ部材 21 の構成を簡素化することができる。また、イオンビーム装置は、ホルダ部材 21 の  $a_1$ ,  $a_2$  方向の回転可能な角度範囲に応じて、試料 3 の断面 4 に対する除去用ビーム部 14 の相対位置が設定されてもよい。

#### 【0053】

したがって、本発明に係るイオンビーム装置は、不活性イオンビームが、試料 3 の断面 4 の垂線 L に対して試料 3 の保持端側から、照射方向を垂線 L に対して傾斜させて照射される構成であれば、ホルダ部 11、除去用ビーム部 13、観察用ビーム部 14 が他の任意の位置に配置される構成とされてよい。

#### 【0054】

なお、本実施形態は、加工用ビーム部 12 を備えるサイドエントリー型のイオンビーム装置 1 として構成されたが、この構成に限定されるものでなく、例えば、加工用ビーム部 12 を備えずに上述したホルダ部 10 および除去用ビーム部 13 を備える構成や、さらにこの構成に観察用ビーム部 14 が加えられた構成にされてもよい。

#### 【0055】

#### 【発明の効果】

上述したように本発明に係るイオンビーム装置によれば、気体イオンビームが、試料の加工面に垂直な方向に対して試料の保持端側から、照射方向を前記垂直な方向に対して傾斜させて照射する除去用ビーム源を備えることによって、気体イオンビームによって除去された破碎層が加工面に再度付着することが軽減される。したがって、本発明のイオンビーム装置は、加工面から破碎層を良好に除去することが可能になり、平滑な加工面を得ることができる。

## 【0056】

また、本発明に係るイオンビーム装置は、ホルダ部材が、水平方向に平行な第1の軸回りに回転可能に支持された基体部と、この基体部の先端側に第1の軸に直交する第2の軸回りに回転可能に設けられて試料を保持する保持部とを有することによって、ホルダ部材に対する除去用ビーム源の配置や気体イオンビームの照射方向の自由度を確保するとともに、保持部に保持された試料の加工面に対するイオンビームの照射方向を変化させることが可能になる。

## 【0057】

また、本発明に係るイオンビーム加工方法によれば、第2の工程で、試料の加工面に垂直な方向に対して試料の保持端側から、気体イオンビームの照射方向を前記垂直な方向に対して傾斜させて照射することによって、気体イオンビームによって除去された破碎層が加工面に再度付着することを軽減することが可能になり、加工面から破碎層を良好に除去して平滑な加工面を得ることができる。

## 【0058】

また、本発明に係るホルダ部材によれば、水平方向に平行な第1の軸回りに回転可能に支持される基体部と、この基体部の先端側に第1の軸に直交する第2の軸回りに回転可能に設けられ集束イオンビームが照射されて加工面が形成される試料を保持する保持部とを有することによって、試料の加工面に対する集束イオンビームおよび気体イオンビームの照射方向を変化させることが可能になる。したがって、本発明のホルダ部材によれば、集束イオンビームまたは気体イオンビームの照射方向を変化させて加工を行うことで、加工面にスジが生じることを軽減できるため、加工面の平滑性を向上することができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明に係るイオンビーム装置を模式的に示す断面図である。

## 【図2】

図1に示すイオンビーム装置を模式的に示すA-A断面図である。

## 【図3】

(a) は断面が加工される試料を示す斜視図、(b) は断面が加工された試料

を示す斜視図である。

【図 4】

ホルダ部材の保持部を模式的に示す透視側面図である。

【図 5】

前記保持部および摺動板を示す模式図である。

【図 6】

前記保持部を駆動する他の駆動機構の一例を模式的に示す透視側面図である。

【図 7】

(a) は試料に断面を加工する状態を示す模式図、(b) は試料の断面に不活性イオンビームが照射される状態を示す模式図、(c) は試料の断面に電子ビームが照射される状態を示す模式図である。

【図 8】

(a) は集束イオンビームによって断面が形成される試料を示す模式図、  
(b) は集束イオンビームによって断面上にスジが形成された試料を示す模式図である。

【図 9】

試料の断面に照射される不活性イオンビームの照射方向に対して断面を回動させて加工する状態を示す模式図である。

【図 10】

試料の断面に不活性イオンビームが照射される状態を説明するための模式図である。

【図 11】

他のイオンビーム装置の一例を模式的に示す断面図である。

【図 12】

従来のイオンビーム装置において、試料の断面に不活性イオンビームが照射される状態を模式的に示す断面図である。

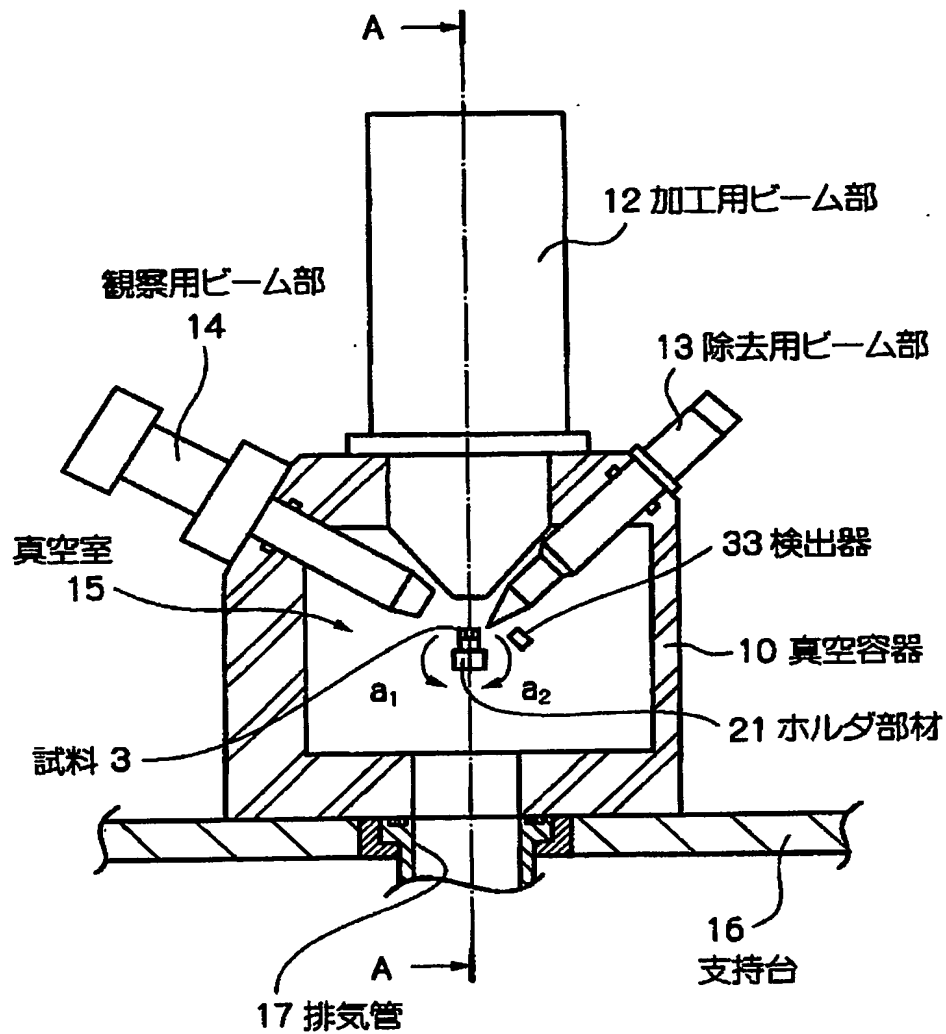
【符号の説明】

- 1 イオンビーム装置
- 3 試料

- 4 観察用の断面
- 10 真空容器
- 11 ホルダ部
- 12 加工用ビーム部
- 13 除去用ビーム部
- 14 観察用ビーム部
- 15 真空室
- 16 支持台
- 17 排気管
- 21 ホルダ部材
- 22 基体部
- 24 保持部
- 25 摺動板
- 27 載置凹部
- 28 回動軸
- 33 検出器

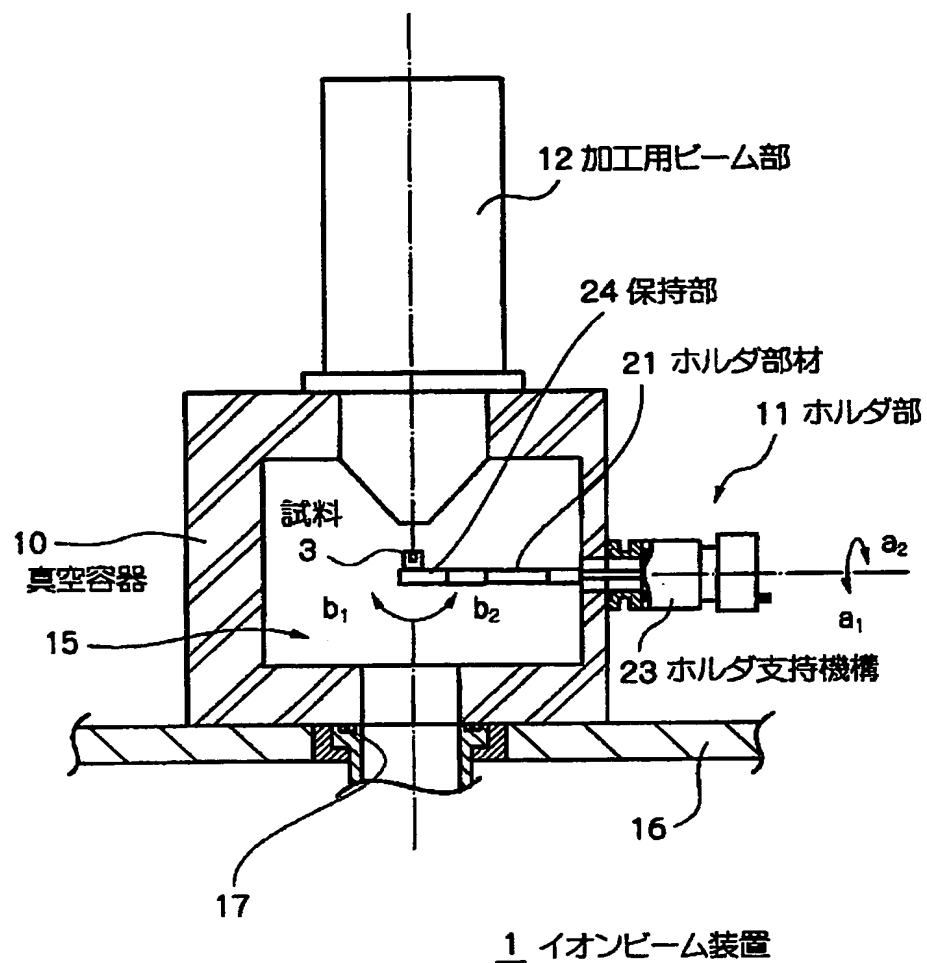
【書類名】 図面

【図 1】

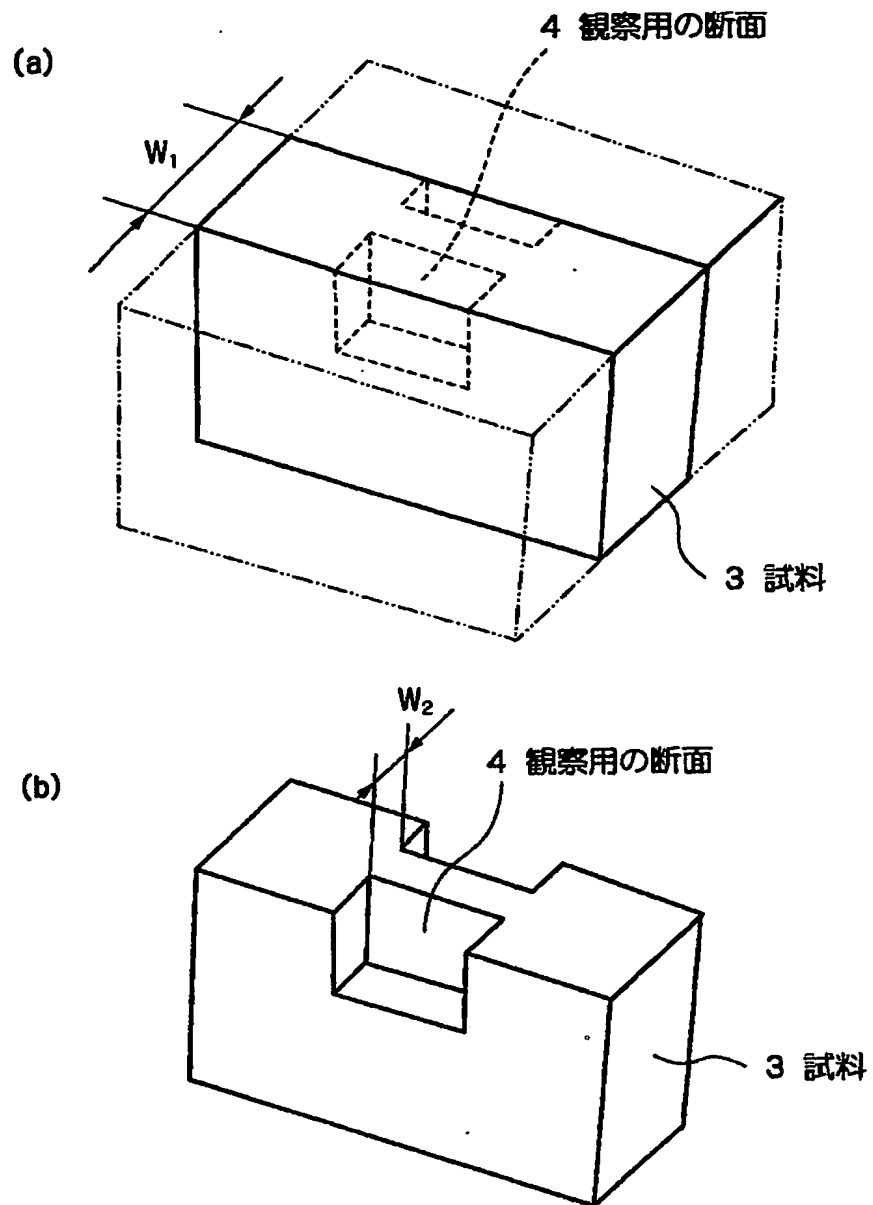


1 イオンビーム装置

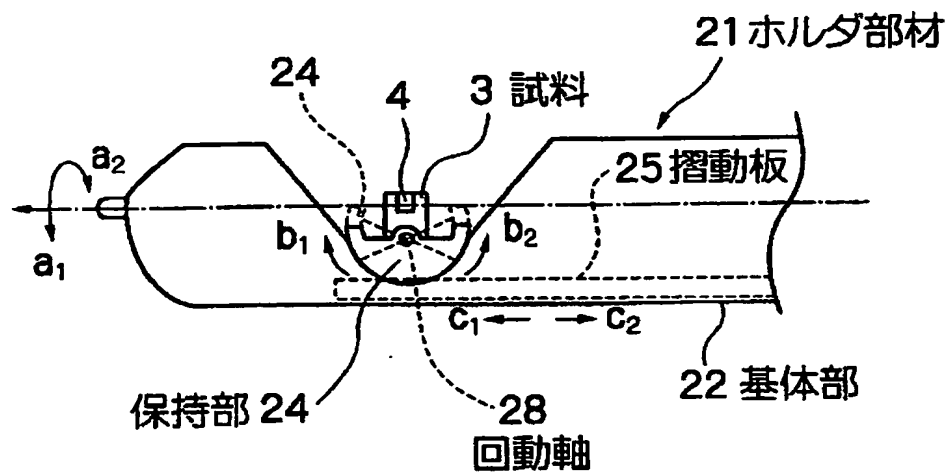
【図 2】



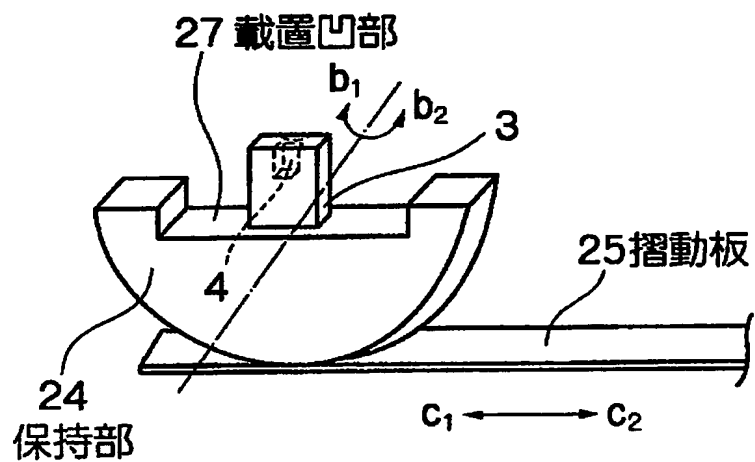
【図 3】



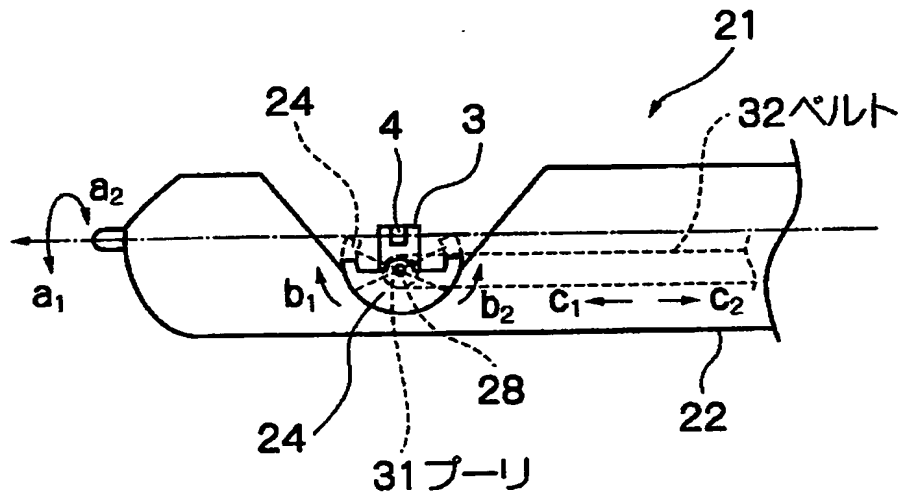
【図 4】



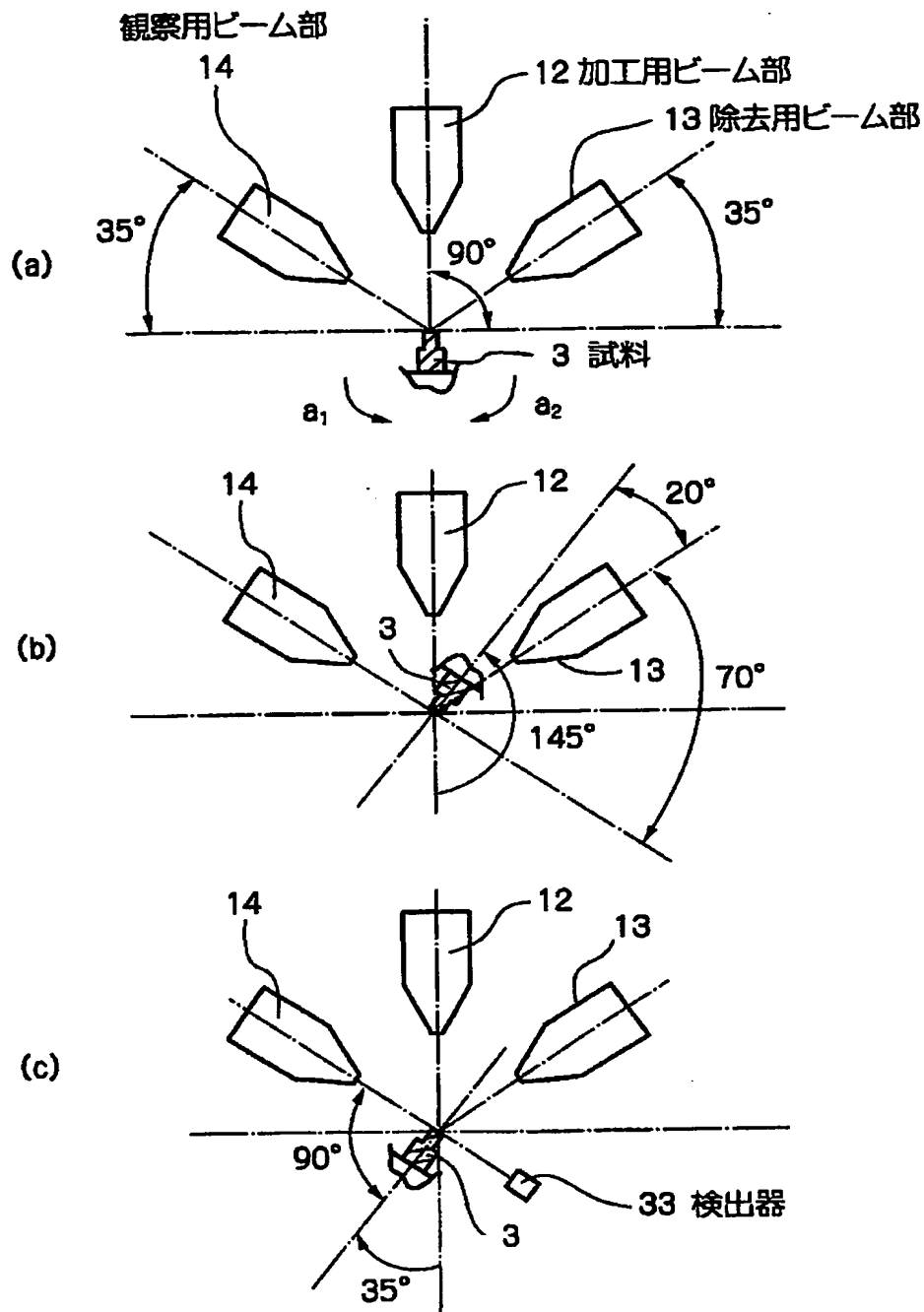
【図 5】



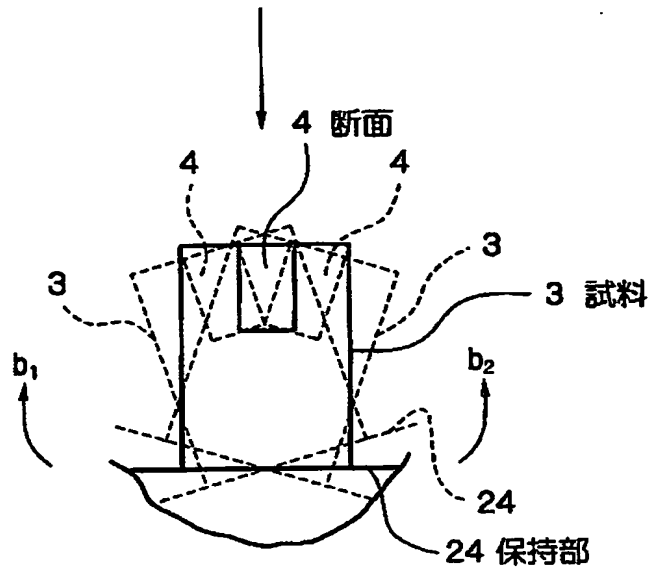
【図6】



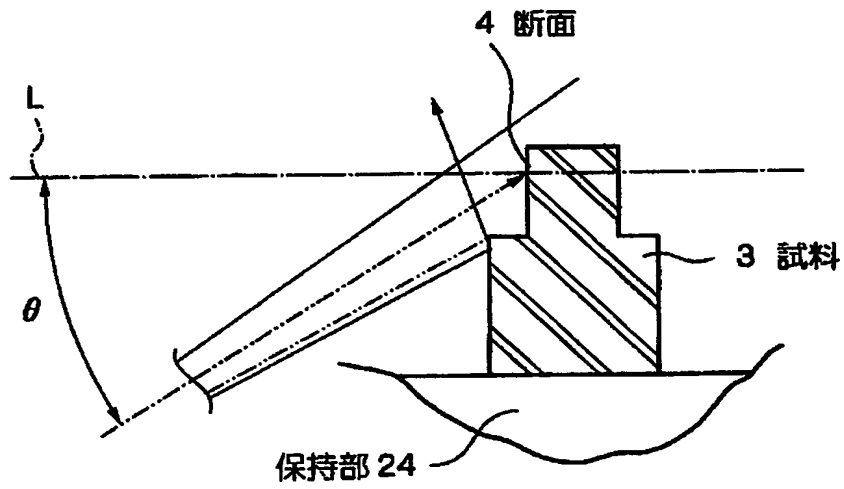
【図 7】



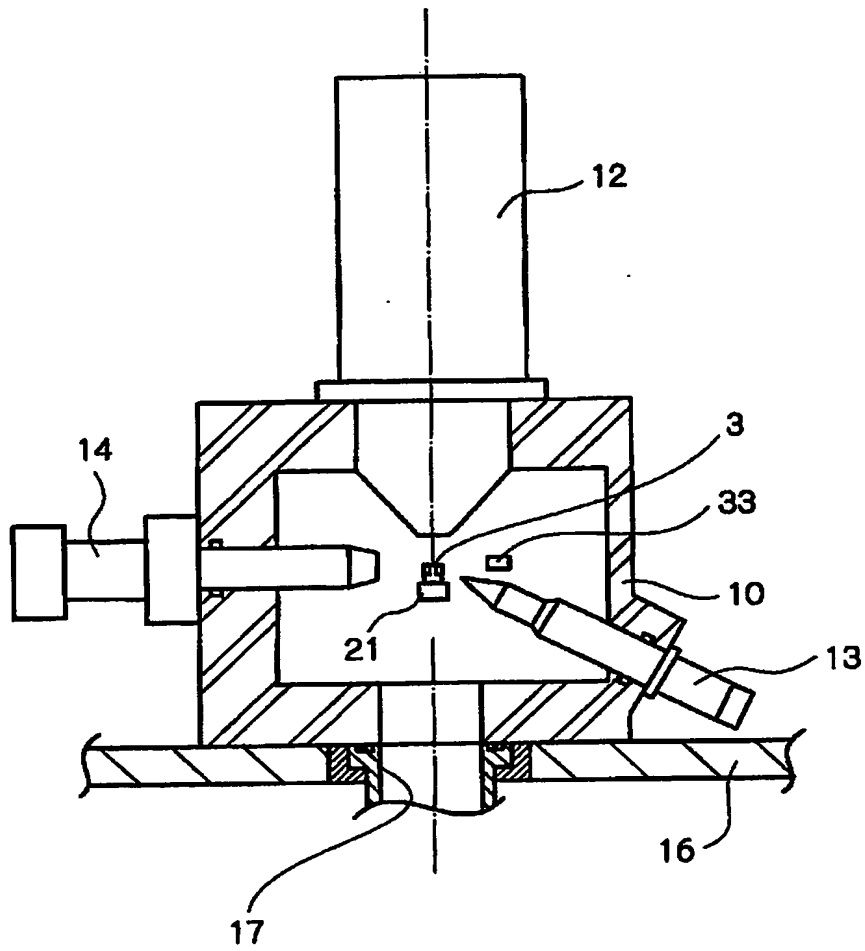
【図8】



【図9】

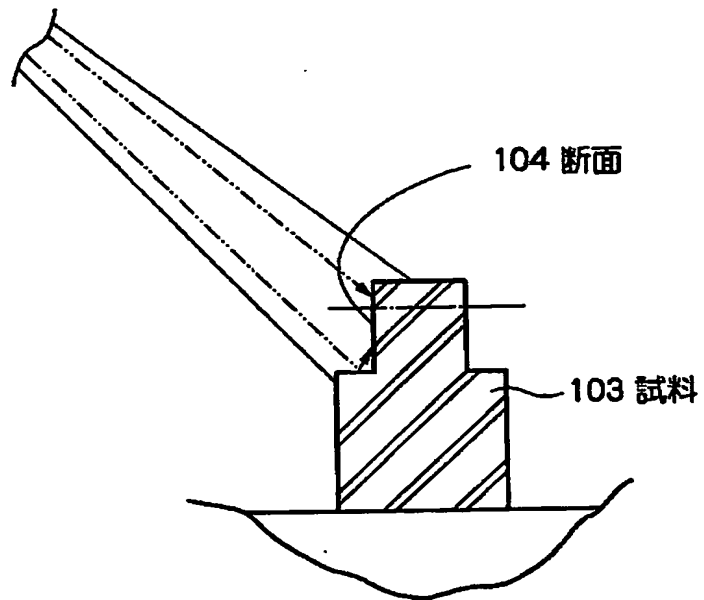


【図 10】

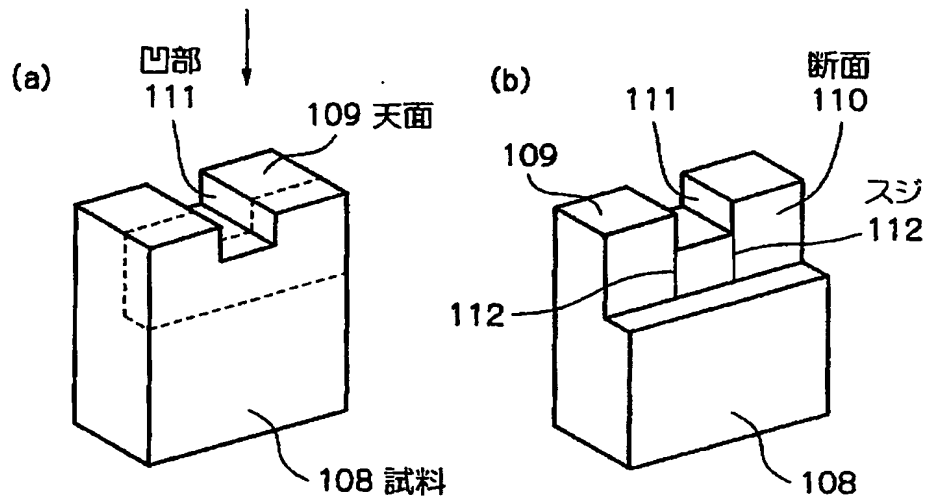


2 イオンビーム装置

【図 11】



【図 12】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 試料の加工面から破碎層を良好に除去する。

【解決手段】 試料 3 を保持するホルダ部材 21 と、このホルダ部材 21 に保持された試料 3 の断面 4 に不活性イオンビームを照射して断面 4 上の破碎層を除去するための除去用ビーム源 13 とを備える。そして、除去用ビーム源 13 は、断面 4 の垂線 L に対して試料 3 の保持端側に位置されて、断面 4 に対する不活性イオンビームの照射方向が、垂線 L に対して傾斜角  $\theta$  をもって傾斜されている。

【選択図】 図 10

特願 2002-204028

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000002325]

1. 変更年月日

1997年 7月23日

[変更理由]

名称変更

住 所

千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

氏 名

セイコーインスツルメンツ株式会社